

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВОДНОГО РЕЖИМА СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ОТХОДОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Введение. Вопросы защиты от загрязнения территорий и водных объектов в зоне складирования твердых бытовых отходов (ТБО) имеют ярко выраженный сложный комплексный характер, в настоящее время ими занимаются ученые и производственники различных направлений подготовки и сфер профессиональной деятельности, и дальнейшие исследования требуют привлечения новых ресурсов и межотраслевой координации работ.

Полигоны и свалки отходов являются источниками загрязнения атмосферы, почв и подземных вод. Обычные ТБО современного города содержат около 100 наименований токсических соединений [1]. Основным и наиболее опасным загрязнителем (в жидком агрегатном состоянии) в зоне расположения свалок и полигонов ТБО – **фильтрат**, формируемый в отвалах, главным образом, при взаимодействии отходов с инфильтрующимися атмосферными осадками, а также при участии влаги, внесенной с органическими отходами. Фильтрат содержит многочисленные компоненты распада органических и минеральных веществ, которые практически ни на одной из свалок не обезвреживаются, а инфильтрируются в почву и попадают в грунтовые воды, а отсюда загрязнение следует к водному объекту, прилегающей к полигону ТБО территории, то есть в окружающую среду.

Традиционно, теоретической основой исследования прогнозной оценки водного режима в мелиорации являются обоснованные и апробированные на практике методы моделирования водного баланса (ВБ), которые могут быть применены для решения различных задач, возникающих при проектировании и эксплуатации сложных природно-технических систем (ПТС), а именно гидромелиоративных систем, полигонов ТБО и др. Разработкой и развитием таких методов в общей теории и практике мелиораций занимались А.М. Янголь, А.Н. Костяков, С.Ф. Аверьянов, А.М. Алпатьев, В.Ф. Шебеко, О.В. Скрипник, А.В. Яцык, В.П. Остапчик, А.Я. Олейник, А.П. Лихацевич и др. [2].

При этом, водный баланс может быть представлен в интегральной и дифференциальной формах и рассчитываться аналитически и графическими методами. Метод ВБ характеризуется:

- обоснованностью решений (метод основан на законе сохранения массы вещества);
- достоверностью результатов, отражающих условия реальных объектов;
- максимальным приближением принимаемых решений к конкретным природным условиям и средствам мелиорации и охраны окружающей среды;
- широким диапазоном применения и относительной простотой его реализации на всех уровнях принятия решений [2].

Необходимым условием для расчета ВБ любой ПТС является создание расчетной схемы [3]. В данном случае решение поставленной задачи требует разработки общих расчетных схем для двух типов рассматриваемых природно-техногенных объектов – свалки и полигона ТБО, причем каждая из этих схем должна включать возможность определения величин составляющих уравнения ВБ в зависимости от стадии и условий функционирования таких объектов.

В отличие от традиционных подходов, используемых в мелиорации, рассмотрение водного баланса территории складирования отхо-

дов осуществляем по двум расчетным схемам – для свалки и для полигона ТБО. Это обусловлено существенными различиями в конструкции и условиях эксплуатации таких объектов [3], а следовательно, и различными сценариями течения физико-химических процессов.

По аналогии и в отличие от традиционной расчетной схемы и модели ВБ мелиорированного поля и системы в целом, расчетная схема для свалки ТБО может быть представлена, в общем случае, в виде трехкомпонентной схемы, с учетом не только традиционных изменений влагозапасов в верхнем слое почвы (зоне аэрации) и грунтовых вод, но и в самих отвалах ТБО (рис. 1).

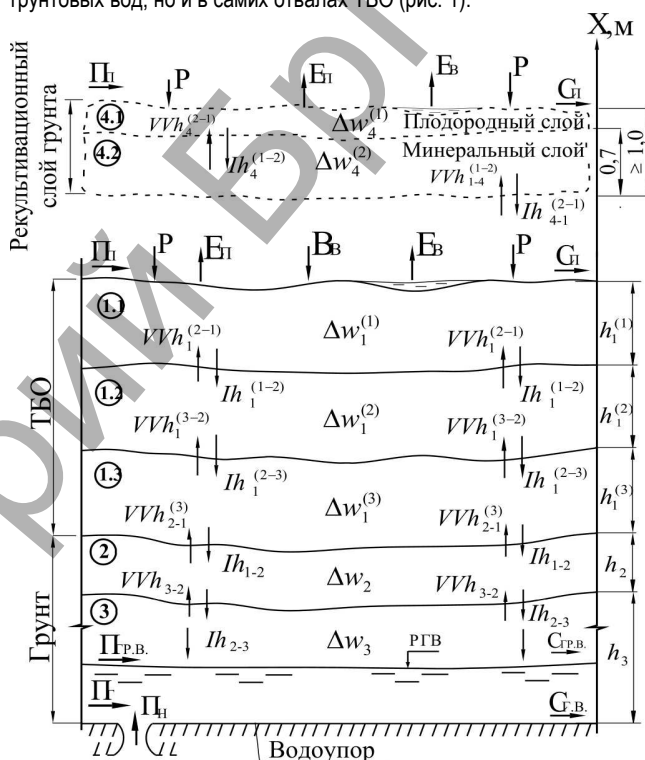


Рис. 1. Расчетная схема водного баланса свалки ТБО

В свою очередь, расчетная схема и модель ВБ для полигона ТБО, в результате его конструктивных отличий от свалки, может быть представлена, в общем случае, в виде двухкомпонентной схемы с учетом изменений влагозапасов собственно в отвалах отходов и в основе полигона – песчано-гравийной засыпке вокруг дренажа (рис. 2).

Отечественный и зарубежный опыт изучения физических свойств массива отходов как сложной ПТС, и его математического описания, в том числе с использованием метода главных компонент, а также результаты собственных исследований [1, 3 и др.] определяют необходимость дифференцировать этот массив на слои различного состояния вещества отходов, его водно-физических, физических, физико-химических и тепловых свойств, условий распада и др., и позволили выделить в теле ТБО три зоны состояния вещества: аэробную (1.1), переходную (1.2) и анаэробную (1.3) (см. рис. 1, 2 и табл. 1).

Громаченко Сергей Юрьевич, к.т.н., старший преподаватель кафедры природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Рокочинский Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой природообустройства и гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, 11.

Таблица 1. Водно-физические характеристики разных зон массива отходов

Зона	Диапазоны показателей				
	Влажность, %	Объемная масса, т/м ³	Коэффициент водонасыщения	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, м/сут.
Аэробная	41,0...73,4	0,32...0,54	0,67...0,89	0,30...0,58	0,60...0,85
Переходная	62,5...78,3	0,54...0,82	0,51...0,62	0,15...0,30	0,35...0,60
Анаэробная	78,3...89,6	0,82...1,12	0,17...0,39	0,10...0,15	0,15...0,35

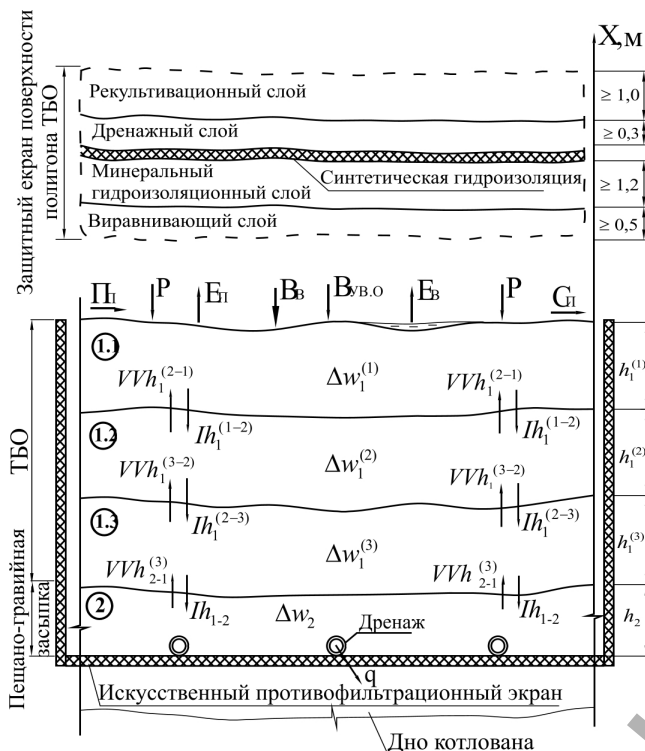


Рис. 2. Расчетная схема водного баланса полигона ТБО

Схемы, представленные на рис. 1, 2, описывают расчет ВБ соответственно свалки и полигона ТБО на разных стадиях их существования, то есть могут быть применены как на стадии проектирования, так и на стадиях эксплуатации и рекультивации данных объектов.

В общем случае водный баланс техноприродного ландшафта в целом, и в зоне расположения свалки или полигона ТБО в частности, определяется соотношением между приходом и расходом воды на этой территории за определенный расчетный период времени, который в данном случае составляет 1 год, (м³/га)

$$\pm \Delta W = \bar{I} - \bar{D}, \quad (1)$$

где $\pm \Delta W$ – изменение общих запасов влаги на исследуемой территории за расчетный период;

\bar{I} , \bar{D} – соответственно общие приходные и расходные составляющие ВБ. Как правило, доходную часть водного баланса свалки ТБО, как сложной ПТС, составляют: атмосферные осадки \bar{D}_A , поступление поверхностных $\bar{P}_П$, грунтовых $\bar{P}_Г$ и напорных $\bar{P}_Н$ вод, поступление грунтовой влаги $\bar{P}_{ГР.В}$, конденсация K влаги (роса, иней и др.), состоящая из конденсации на поверхности $K_П$ и в зоне аэрации K_A ($K = K_П + K_A$), влага, внесенная с отходами (см. рис. 1).

В отличие от формирования доходных частей водного баланса свалки, составляющие баланса полигона ТБО не включают таких элементов, как приток грунтовых $\bar{P}_Г$, напорных вод $\bar{P}_Н$ и грунтовой влаги $\bar{P}_{ГР.В}$ в связи с обязательным устройством противодиффузионного экрана из полимерных или природных материалов по дну и откосам котлована складирования ТБО [1]. Дополнительным элементом формирования приходных частей уравнения ВБ полигона ТБО, в отличие от свалки, является влага, которая используется для дополнительного увлажнения отходов $\hat{A}_{\text{от.в}}$, что предусмотрено правилами эксплуатации полигонов [1] (см. рис. 2).

Расходную часть водного баланса свалки ТБО составляют: суммарное испарение E , включающее испарение $E_П$ с поверхности отходов и водной поверхности $E_В$ при ее наличии на объекте (например, местные понижения заполненных фильтратом), поверхностный сток $C_П$, сток грунтовой влаги $C_{ГР.В}$, сток грунтовых и напорных вод $C_{ГВ}$, ($C_{ГВ} = \bar{P}_Г + \bar{P}_Н$) за границы балансового участка (см. рис. 1).

Понятно, что расходную часть водного баланса полигона ТБО составит суммарное испарение E , включающее испарение $E_П$ с поверхности ТБО и водной поверхности $E_В$, а также поверхностный сток $C_П$ (см. рис. 2).

В общем случае уравнение ВБ для свалки ТБО выглядит следующим образом:

$$\Delta W^{(S)} = \sum_{i=1}^4 \Delta w_i, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2)$$

где Δw_1 , Δw_2 , Δw_3 , Δw_4 – изменение влагозапасов соответственно в отвалах ТБО, верхнем слое почвы (зоне аэрации), зоне грунтовых вод, рекультивационном слое;

ΔW – общее изменение влагозапасов по расчетному профилю свалки за расчетный период;

i – количество расчетных слоев по профилю свалки, $i = \overline{1, 4}$.

В свою очередь, уравнения ВБ для полигона ТБО выглядят

$$\Delta W^{(D)} = \sum_{i=1}^2 \Delta w_i, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (3)$$

где Δw_1 , Δw_2 – изменение влагозапасов соответственно в отвалах отходов и песчано-гравийной засыпке вокруг дренажа;

i – количество расчетных слоев по профилю полигона ТБО, $i = \overline{1, 2}$.

Общепризнано, и как это показано в [1–3 и др.], климатические (метеорологические) условия имеют определяющее влияние на формирование водного и общего природно-экологического режимов объекта ТБО, техногенные и технические решения его устройства.

Этот вопрос приобретает особую актуальность в современных условиях, когда происходят кардинальные изменения климата на Земле в планетарном масштабе, связанные с развитием процессов глобального потепления.

Украина также относится к числу регионов планеты, где происходящие изменения климата ощутимы. Даже при отсутствии специальных наблюдений стало заметно, что продолжительность зимних периодов значительно сократилась, а сами зимы стали менее холодными, участились засухи. В XX в. на территории Украины зафиксировано 43 засушливых года, в том числе 7 из них в последние 15 лет прошлого века. По многочисленным гидрометеорологическим признакам и показателям отечественные специалисты-климатологи приходят к выводу, что в Украине последние 10 – 25 лет четко формируются признаки нового климата. На сегодня в Украине от последствий глобального потепления больше всего страдают районы западной и южной ее частей.

Анализ погодно-климатических условий Украины с 1900 по 1995 гг. свидетельствует, что повышение температуры воздуха находится в пределах 0,3 ... 0,7 °С. Годовые суммы осадков за указанный период увеличились на 50 ... 100 мм. При этом на севере и западе, а также юге, количество осадков уменьшилось на такую же величину, увеличилась также внутрисезонная их изменчивость [4].

Вследствие очень сложного характера реализации природно-климатических и метеорологических процессов до сих пор не существует универсальной методики метеорологического обеспечения прогнозных режимных расчетов при проектировании и эксплуатации

природно-технических объектов [2, 4]. Практически ни один из апробированных на практике методов не позволяет получить развернутую обобщенную характеристику метеорологических режимов при реализации климатологического прогноза в виде схематизированного типичного распределения основных метеофакторов по всем необходимым спектрам расчетных периодов вегетации с учетом сложного и неоднозначного характера условий их формирования в многолетнем и внутривегетационном сечении, в том числе с учетом возможных изменений климата.

На наш взгляд, и согласно научным трудам [2], в основу решения этой задачи должна быть положена разработка климатических сценариев, а в нашем случае – это разработка типовых схем метеорологических режимов на долгосрочной основе с помощью соответствующих моделей.

Данная задача может быть реализована с помощью соответствующих моделей, описывающих типичное распределение основных метеорологических характеристик при изменении климатических условий с учетом глобального потепления. Распределение векторов основных метеорологических характеристик в условиях изменения климата может быть представлено в неявном виде как

$$\bar{X}_f = \bar{X}_f^0 + \Delta\bar{X}_f, \quad f = \overline{1, n_f}, \quad (4)$$

где \bar{X}_f^0 – вектор среднеемноголетних норм f -го метеофактора, определяющегося по базовому сценарию на основе ретроспективных статистических метеоданных формирования метеорологических режимов в современных условиях;

$\Delta\bar{X}_f$ – соответствующие прогнозируемые изменения среднеемноголетних норм f -го метеофактора при изменении климата определены согласно соответствующим моделям.

Поскольку метеорологические условия характеризуются не какой-то определенной метеорологической величиной, а их совокупностью, то при выполнении режимных мелиоративных, экологических и метеорологических прогнозов традиционно используются такие метеорологические характеристики, как осадки, температура, дефицит и относительная влажность воздуха, по которым в дальнейшем могут быть определены величина суммарного испарения, сумма активных температур, фотосинтетическая активная радиация (ФАР) и др.

Получение нормированного f -го метеофактора, определяющегося по базовому сценарию на основе ретроспективных статистических метеоданных формирования метеорологических режимов в современных условиях, может быть осуществлено по методам, информационному и программному обеспечению, разработанным на кафедре природообустройства и гидромелиораций НУВХП [2, 5].

Учитывая несовершенство существующих моделей прогнозирования климата в целом, и для условий Украины в частности, такое прогнозирование может быть выполнено с использованием шести различных моделей, четыре из которых: GISS, GFDL, CCCM и UKMO [4].

GROMACHENKO S.Y., ROKOCHINSKIY A.N. Forecast and estimation of waste dumps and landfills water regime taking into account climate change conditions

The theoretical approaches to the leachate generation volume and regime forecasting based on water-balance calculations taking into account climate change conditions in the complex of engineering land reclamation measures for waste disposal were considered.

УДК 556(476)

Волчек А.А., Натарева О.Н.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ АМПЛИТУД ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК БЕЛАРУСИ

Введение. Начиная с середины 80-х годов прошлого столетия, климатологи отмечают направленный рост как среднегодовых температур, так и температур за отдельные месяцы. Картина временных изменений атмосферных осадков достаточно сложная, так как реки являются продуктом климата, и если две основные составляющие

Таким образом, прогнозируемые изменения среднеемноголетних норм f -го метеофактора при изменении климата, по нашему мнению, целесообразно определять по методике [5] с учетом [4] согласно моделям CCCM (модель Канадского климатического центра, чувствительность к удвоению CO₂ – 4,0 °C) и UKMO (модель Метеорологического бюро Соединенного королевства, чувствительность к удвоению CO₂ – 6,0 °C).

Заключение. Определение объема фильтрата, образующегося в пределах свалки или полигона ТБО, осуществляется на основе общепринятого балансового метода, как главного инструмента оценки и прогноза водного режима. В условиях изменения климата роль метеорологических условий на формирование водного и общего природно-экологического режимов объекта ТБО, технологические и технические решения его устройства постоянно увеличивается. Метеорологическое обеспечение прогнозных режимных расчетов ВБ в условиях изменения климата должно учитывать как базовый сценарий получения нормированного метеофактора, так и его прогнозируемые изменения согласно соответствующим климатическим моделям.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Захист від забруднення ландшафтів побутовими відходами та промисловими відходами на основі використання природних сорбентів: монографія / За редакцією проф. В.А. Сташук, З.Р. Маланчука та проф. А.М. Рокочинського; [В.А. Сташук, З.Р. Маланчук, А.М. Рокочинський, М.О. Клименко, П.Д. Колодич, Л.І. Каменчук, Р.В. Жомірук, С.Ю. Громаченко, О.О. Бедункова]. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 420 с.
2. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо-регулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За редакцією академіка УААН. Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010 – 351 с.
3. Громаченко, С.Ю. Принципи побудови й реалізації моделей прогнозної оцінки водного режиму сміттєзвалищ та полігонів відходів на довготерміновій основі й визначення режимно-технологічних параметрів їх складових / С.Ю. Громаченко, А.М. Рокочинський // Вісник НУВГП. – 2011. – Вип. 1(53). – С. 25–32.
4. Ромащенко, М.І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація / М.І. Ромащенко, О.О. Собко, Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда – Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.
5. Меліоративні системи та споруди: посібник до ДБН В.2.4-1-99. – Розділ 3. Осушувальні системи // Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М.Рокочинський, О.І. Галік, В.А.Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.

Матеріал поступив в редакцію 11.02.15

Натарева Оксана Николаевна, ст. преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология